

ANALISIS SISTEM TRANSPORTASI SAMPAH KOTA TUBAN MENGUNAKAN *DYNAMIC PROGRAMMING*

Anggun Tri Yunita dan Munawar Ali

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

e-mail : anggun-fiany@ymail.com

ABSTRAK

Evaluasi terhadap pengelolaan sampah sangat dibutuhkan agar terlaksana pengelolaan sampah yang berwawasan lingkungan. Salah satu sub-sistem terpenting yang perlu diperhatikan adalah sistem pengangkutan karena jika pengangkutan sampah kurang baik, akan terjadi penimbunan di tempat pengumpulan yang dapat menyebabkan polusi udara, air, tanah, bau, vektor penyakit dan merusak estetika lingkungan. Permasalahan rute kendaraan atau yang disebut Vehicle Routing Problem (VRP) ini akan menjadi sulit diselesaikan dalam kondisi kota Tuban yang memiliki banyak depo dan rute. Namun metode Stagecoach dalam program dinamik WinQSB diharapkan mampu mencari solusi atas rute yang efektif dan efisien. Pada pencarian alternatif sistem pengangkutan sampah ini hanya dibatasi pada kendaraan angkut Armroll truck berkapasitas 6 m³ yang melayani beberapa depo dengan timbunan sampah paling banyak. Dengan mengumpulkan, menganalisis, dan mengolah data, maka hasilnya 6 dari 12 rute yang ada merupakan rute alternatif atau lebih efisien dibanding dengan rute sebelumnya. Dari ke-6 total rute alternatif ini, mampu menghemat biaya bahan bakar hingga Rp. 1.441.176,-/bulan dan Rp. 17.294.112,00/Tahun.

Kata kunci : Vehicle Routing Problem (VRP) - Stagecoach - WinQSB - Armroll truck

ABSTRACT

Evaluation of waste management is needed so the proper and environmentally sound waste management could be implemented. One sub-system that most important to note is the transport system because if the transport system deficient will occur waste hoarding in waste storehouse which can lead to air, water and soil pollution, odor and disease vector also caused aesthetic environ damage. Problems route of vehicle or called Vehicle Routing Problem (VRP) it would be troublesome solved in conditions of Tuban city that has much waste storehouse and route. Nevertheless, Stagecoach method on Dynamic Programming WinQSB be expected to find solutions for effective and efficient route. on search alternative transport system on waste transport this is only confined on the transport vehicle Armroll truck capacity 6 m³ that served some waste storehouse with heap at most. By compiled, analyzed, and process the data, then the result is 6 of 12 existing route is alternative route or more efficient then previously. Of the 6 total alternative routes, able to save on fuel costs up to Rp. 1.441.176,-/month and then Rp. 17.294.112,00/year.

Key Word : Vehicle Routing Problem (VRP) - Stagecoach - WinQSB - Armroll truck

PENDAHULUAN

Permasalahan sampah perkotaan di Indonesia merupakan masalah yang belum terselesaikan secara tuntas. Dari total sampah yang dihasilkan oleh masyarakat, diperkirakan hanya 60 % - 70 % yang terangkut ke TPA oleh Dinas Kebersihan Kota, sebagian besar sampah yang tidak terangkut biasanya dibakar atau dibuang ke sungai (Chaerul, 2008).

Pesatnya perkembangan dan pembangunan wilayah perkotaan kota Tuban yang diikuti pertambahan penduduk dengan indeks kenaikan sebesar 0,52 % setiap tahunnya serta perubahan pola konsumsi masyarakat, menimbulkan bertambahnya volume, jenis, dan karakteristik sampah yang semakin beragam. Pengelolaan sampah yang baik sangat diperlukan agar tidak terjadi penurunan kualitas lingkungan.

Dalam menentukan perencanaan pengelolaan sampah yang baik, umumnya akan diambil dua aspek yaitu hierarki pengelolaan sampah dan aspek jarak. Hierarki pengelolaan sampah dari pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan dan pemrosesan akhir sampah harus dilakukan dengan metode yang berwawasan lingkungan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan itu sendiri. Sedangkan hierarki dari aspek jarak adalah transportasi sampah sebagai bagian dalam sistem pengelolaan. Di kota Tuban, transportasi sampah merupakan sub-sistem pengelolaan sampah yang masih menjadi masalah dan harus diperhatikan karena berhubungan dengan aspek biaya (Rusmanto, 2014).

Transportasi sampah adalah sub-sistem yang bersasaran membawa sampah dari sumber sampah menuju tempat pemrosesan sampah akhir. Dengan optimasi sub-sistem ini akan didapatkan rute pengangkutan yang

paling optimum sehingga diharapkan pengangkutan sampah menjadi lebih efisien dan dapat mencegah penumpukan dan penyimpanan sampah di beberapa titik sumber sampah.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memberi solusi dan menyelesaikan *Vehicle Routing Problem* (VRP) sehingga dapat diketahui mana rute yang lebih efektif dan efisien dalam pengangkutan sampah dengan keterbatasan biaya bahan bakar yang tersedia dengan tetap memperhatikan syarat rute pengangkutan sampah yang diperbolehkan.

TINJAUAN PUSTAKA

Sampah

Menurut Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 33 Tahun 2010 tentang Pedoman Pengelolaan Sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat yang terdiri atas sampah rumah tangga maupun sampah sejenis sampah rumah tangga. Sedangkan menurut Hadiwiyoto (1983:12), sampah adalah bahan sisa, baik bahan-bahan yang sudah tidak digunakan lagi (barang bekas) maupun bahan yang sudah diambil bagian utamanya dari segi ekonomis. Sampah juga merupakan bahan buangan yang tidak ada harganya dan dari segi lingkungan banyak menimbulkan masalah pencemaran dan gangguan pada kelestarian lingkungan.

Pengelolaan dan Penanganan Sampah

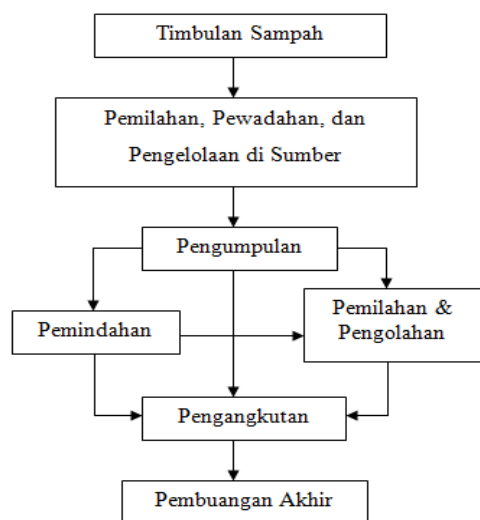
Pengelolaan sampah ialah usaha untuk mengatur atau mengelola sampah dari proses pengumpulan, pemisahan, pemindahan, sampai pengolahan dan pembuangan akhir. Sedangkan yang dimaksud dengan penanganan sampah ialah perlakuan terhadap sampah untuk memperkecil atau menghilangkan masalah yang ada kaitannya dengan lingkungan, yang dapat berbentuk

membuang sampah saja atau mengembalikan (*recycling*) sampah menjadi bahan - bahan yang bermanfaat (Hadiwiyoto, 1983). Sedangkan menurut Undang - Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah yang kemudian diperbaiki dalam Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 33 Tahun 2010, Pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi perencanaan, pengurangan dan penanganan sampah dimana bertujuan untuk meningkatkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan serta menjadikan sampah sebagai sumber daya.

Syarat Teknik Pengelolaan Sampah Perkotaan

Dalam menangani pengelolaan sampah perkotaan ini akan selalu memacu pada SNI 19-2454 tahun 2002 mengenai Tata Cara Teknik Operasional Sampah Perkotaan (Badan Standarisasi Nasional Tahun 2002).

Skema teknik operasional pengelolaan persampahan dapat dilihat pada gambar di bawah ini,



*Diagram Teknik Operasional
Pengelolaan Sampah
Badan Standarisasi Nasional (2002)*

Teknik Operasional Pengelolaan Sampah

1. Pewadahan Sampah

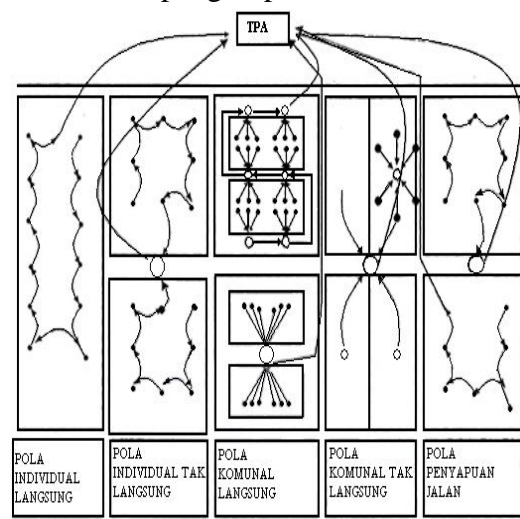
Teknik pewadahan sampah meliputi :

- Pola pewadahan
- Persyaratan bahan wadah
- Kriteria lokasi dan penempatan wadah
- Penentuan ukuran wadah
- Pengadaan wadah sampah

2. Pengumpulan Sampah

Teknik pengumpulan sampah meliputi :

- Pola pengumpulan



- Perencanaan operasional pengumpulan

- Pelaksanaan pengumpulan sampah

3. Pemindahan Sampah

Teknik pemindahan sampah meliputi:

- Tipe pemindahan (transfer)
- Lokasi pemindahan
- Pemilahan
- Cara pemindahan

4. Pengangkutan Sampah

Beberapa pola pengangkutan yang sesuai dengan teknik operasional pengelolaan, meliputi :

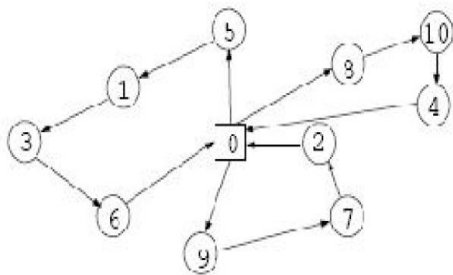
- Pola individual langsung
- Pola pengangkutan sistem transfer depo tipe I dan II

5. Pengolahan Sampah

6. Pembuangan Akhir Sampah

Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) diperkenalkan pertama kali oleh Dantziq dan Ramser pada tahun 1959. VRP didefinisikan sebagai sebuah pencarian atas cara penggunaan yang efisien dari sejumlah kendaraan (*vehicle*) yang harus melakukan perjalanan ke sejumlah tempat untuk mengantar dan/atau menjemput orang/barang. Istilah *Customer* digunakan sebagai pemberhentian untuk mengantar dan/atau menjemput orang/barang. Penentuan ini dilakukan dengan pertimbangan kapasitas kendaraan dan untuk meminimalkan biaya yang diperlukan karena biasanya penentuan biaya minimal erat kaitannya dengan jarak terpendek.



Permasalahan Vehicle Routing Problem

Aplikasi VRP pada permasalahan rute pengangkutan sampah

Dari definisi *Vehicle Routing Problem (VRP)*, pencarian atas cara penggunaan yang efisien dari sejumlah kendaraan ini juga dapat di aplikasikan dalam penyelesaian permasalahan pengelolaan sampah pada sub-sistem pengangkutan. Dimana metode yang dipilih harus disesuaikan dengan permasalahan yang ada dan kebijakan yang berlaku untuk pengelolaan sampah sebagai batasan-batasannya.

Beberapa pedoman yang digunakan dalam membuat rute pengangkutan sampah sesuai dengan pasal 26 Permen PU No. 3 tahun 2003 dan kebijakan

Ditjen Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum Jawa Timur tahun 2007 yang digunakan sebagai acuan normatif oleh Dinas Pekerjaan Umum bidang Persampahan kota Tuban adalah tergantung pada faktor :

1. Lalu lintas yang ada
2. Pekerja, Tipe & Kapasitas alat angkut
3. Pola pengangkutan yang digunakan
4. Lokasi TPS atau TPST
5. Kondisi jalan & jarak tempuh
6. Tingkat persyaratan sanitasi yang dibutuhkan.

Dynamic Programming

Program dinamis (*Dynamic Programming*) adalah suatu teknik matematis yang biasanya digunakan untuk membuat suatu keputusan dari serangkaian keputusan yang saling berkaitan. Tujuan utama program statistik ini ialah untuk mempermudah penyelesaian persoalan optimasi yang mempunyai karakteristik tertentu. Ide dasar program dinamis ini ialah membagi persoalan menjadi beberapa bagian kecil sehingga memudahkan penyelesaiannya. Berbeda dengan program linier, pada persoalan program dinamis ini tidak ada formulasi matematis yang standar. Karena itu persamaan - persamaan yang terpilih untuk digunakan harus dikembangkan agar dapat memenuhi masing - masing situasi yang dihadapi.

Salah satu cara untuk mengenali suatu situasi yang dapat dirumuskan sebagai masalah pemrograman dinamis adalah menyadari struktur dasar masalah tersebut apakah serupa dengan masalah ekspedisi. Sifat dasar yang menjadi ciri masalah pemrograman dinamis yaitu masalah dapat dibagi menjadi tahap-tahap dengan keputusan kebijakan yang dibuat pada masing-masing tahap.

Untuk masalah ekspedisi, prosedur penyelesaian membentuk tabel untuk setiap tahap (n) yang menunjukkan keputusan optimal pada setiap state yang mungkin (s). jadi, selain bisa menemukan tiga *solusi optimal* (rute terbaik) untuk masalah keseluruhan, hasil yang diperoleh juga dapat dipakai sebagai petunjuk untuk menentukan langkah jika terpaksa dialihkan ke state yang tidak berada dalam rute optimal.

Stagecoach Problem

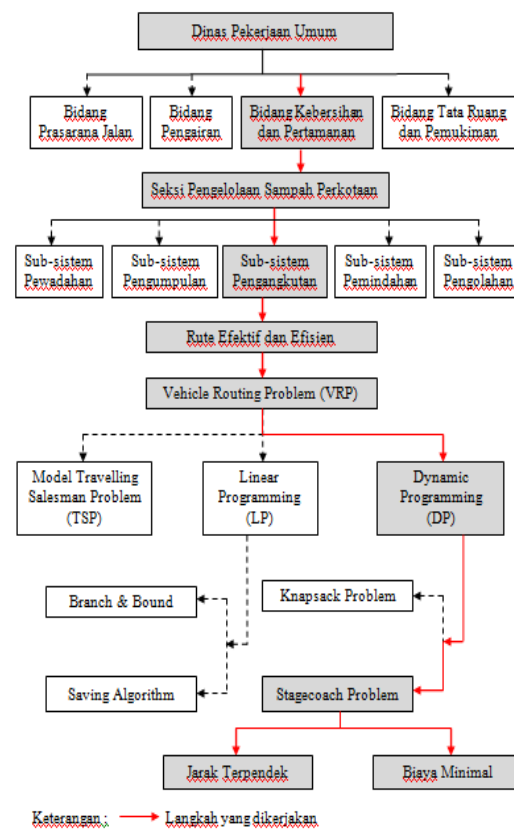
Metode penyelesaian ini digunakan untuk menyelesaikan permasalahan rute yang menyangkut suatu jaringan tersambung yang memiliki banyak kendala pada tiap-tiap cabang. Diharapkan, dengan mendapatkan rute terpendek maka akan dapat dihitung pula biaya yang minimum.

Metode untuk mencari rute terpendek ini dikembangkan pada tahun 1959 oleh Dijkstra dengan permasalahan sebuah truk paket yang melakukan pengiriman barang dari tempat asal ke tempat tujuan pengiriman terakhir dengan melalui *route* yang bermacam - macam. Setiap *route* melalui sejumlah tempat yang berbeda – beda. Dalam masalah ini tujuannya adalah memilih rute yang paling rendah biayanya (*total minimum cost*) untuk sampai ke tempat tujuan. *Route* dengan biaya yang paling rendah sering disebut jalur optimum (*optimum path*). Dalam masalah - masalah yang hampir sama, tujuannya adalah untuk mendapatkan jarak minimum atau periode waktu disamping biaya.

METODE PENELITIAN

Rute yang akan diteliti adalah rute kendaraan angkut jenis *Armroll truck* dengan 12 titik depo yang tersebar. Dalam penelitian ini dibutuhkan data panjang seluruh jalan kota Tuban, jumlah timbulan sampah pada masing-masing depo serta ritasi perhari pengangkutan sampah ke TPA.

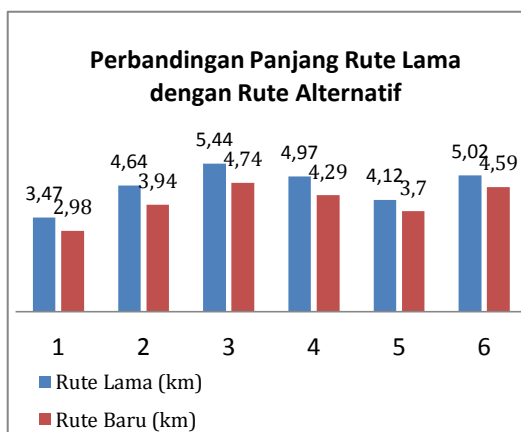
Framework Penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil *running* semua data, 6 dari 12 rute pengangkutan sampah dengan kendaraan angkut jenis *Armroll truck* yang ada merupakan rute yang telah optimum (terpendek), sedangkan 6 rute lainnya masih belum optimum sehingga didapat rute baru dengan *Stagecoach Dynamic Programming* dengan hasil sebagai berikut :

Nama Depo	Panjang Jalan depo ke TPA (km)		Selisih Panjang (km)
	Rute Lama	Rute Baru	
Pasar Sore	3.47	2,98	0.49
Dujak Beling	4.64	3,94	0.7
Pasar Ikan	5.44	4,74	0.7
Ronggo mulyo	4.97	4,29	0.68
Sidopati	4.12	3,70	0.42
Pramuka	5.02	4,59	0.43



Untuk perhitungan selanjutnya nilai masing-masing rute dikalikan 2 sebagai panjang jalan total per-ritasi (dari *pool* ke depo dan dari depo ke TPA). *Pool* merupakan tempat parkir kendaraan angkut sampah dan dimulainya perjalanan truk pengangkut menuju ke depo, berada di sebelah timur TPA, sehingga dalam perhitungan panjang *pool* ke depo adalah sama dengan panjang total jarak dari depo ke TPA. Kemudian untuk jarak tempuh total perhari dapat dihitung dengan mengalikan panjang rute (*pool*-Depo-TPA) dengan jumlah ritasi perharinya.

No.	Nama Depo	Jumlah Ritasi Perhari
1.	Pasar Sore	2
2.	Dujak Beling	4
3.	Pasar Ikan	2
4.	Ronggomulyo	2
5.	Sidopati	2
6.	Pramuka	2

Ditemukan jarak tempuh total kendaraan per-hari untuk rute lama adalah sebagai berikut :

Depo ke-	Jarak ke TPA (km)	Total Jarak yang Ditempuh per-Hari (km)
1.	3.47	13.88
2.	4.64	37.12
3.	5.44	21.76
4.	4.97	19.88
5.	4.12	16.48
6.	5.02	20.08

Sedangkan untuk rute baru didapat total jarak tempuh per-hari yaitu :

Depo ke-	Jarak ke TPA (km)	Total Jarak yang Ditempuh per-Hari (km)
1.	2,98	11.92
2.	3,94	31.52
3.	4,74	18.96
4.	4,29	17.16
5.	3,70	14.80
6.	4,59	18.36

Ket : Depo 1 = Pasar Sore, Depo 2 = Dujak Beling, Depo 3 = Pasar Ikan, Depo 4 = Ronggomulyo, Depo 5 = Sidopati, Depo 6 = Pramuka

Total jarak tempuh per-hari inilah yang akan digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan bakar yang diperlukan dalam 1 hari. Bahan bakar yang digunakan untuk *Armroll Truck* ini adalah solar bersubsidi dengan harga perliter yakni Rp. 5.500,-. Kemampuan tempuh per-liter adalah 1,89 km atau untuk menempuh 1 km dibutuhkan 0,53 Liter. dengan data ini dapat dihitung kebutuhan biaya untuk bahan bakar kendaraan angkut sampah yang diperlukan dalam 1 hari.

Misalnya untuk depo pasar sore dengan panjang rute baru sebesar 2,98 km, panjang total (dari *pool*-Depo-TPA) adalah $2,98 \text{ km} \times 2 = 5,96 \text{ km}$. dikalikan jumlah ritasi dalam sehari yaitu sebanyak 2 kali didapat panjang jarak total yang ditempuh *Armroll Truck* untuk pengangkutan depo pasar sore adalah sebesar 11,92 km/hari. Sehingga dihitung kebutuhan biaya bahan bakar per-hari = (Jarak tempuh total per-Hari x kebutuhan bensin tiap km x harga bahan bakar tiap liter).

= Rp. 34.746,8/hari

Dari hasil perhitungan, selisih biaya antara rute lama dengan rute baru dapat

$$= \left(11,92 \text{ km} / \text{hari} \right) \times \left(0,53 \text{ Liter} / \text{km} \right) \times \left(\text{Rp.} 5500,- / \text{Liter} \right)$$

digunakan sebagai acuan untuk mengetahui seberapa efisien rute angkut baru dibanding rute angkut lama dan berapa rupiah biaya bahan bakar yang dapat dihemat.

Tabel Penghematan Biaya Operasional sub-sistem Pengangkutan Sampah dengan Metode Penyelesaian *Stagecoach Dynamic Programming*

No.	Nama Depo	Selisih Biaya (Rute akhir dengan Rute Awal)	Penghematan per-Bulan	Penghematan per-Tahun
		(Rupiah)	(Rupiah)	(Rupiah)
1.	Pasar Sore	5.713,4	171.402	2.056.824
2.	Dujak Beling	16.324	489.720	5.876.640
3.	Pasar Ikan	8.162	244.860	2.938.320
4.	Ronggomulyo	7.928,8	237.864	2.854.368
5.	Sidopati	4.897,2	146.916	1.762.992
6.	Pramuka	5.013,8	150.414	1.804.968
Total		48.039,2	1.441.176	17.294.112

Rute alternatif dengan metode *stagecoach* dapat menghemat biaya bahan bakar sebesar Rp. 2.056.824,-/tahun untuk *Armroll truck* S 8054 EP dengan daerah pelayanan depo Pasar Sore, Rp. 5.876.640,-/tahun untuk *Armroll truck* S 8073 EP dengan daerah pelayanan depo Dujak Beling, Rp. 2.938.320,-/tahun untuk *Armroll truck* S 8052 EP dengan daerah pelayanan depo Pasar Ikan, Rp. 2.854.368,-/tahun untuk *Armroll truck* S 8057 EP dengan daerah pelayanan depo Ronggomulyo, Rp. 1.762.992,-/tahun untuk *Armroll truck* S 8053 EP dengan daerah pelayanan depo Sidopati, dan Rp. 1.804.968,-/tahun untuk *Armroll truck* S 8057 EP dengan daerah pelayanan depo Pramuka.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Penggunaan metode *stagecoach dynamic programming* mampu menemukan rute terpendek dan mengoptimalkan pengangkutan sampah dengan kendaraan *Armroll Truck* berkapasitas 6 m³ di 6 dari 12 depo yang ada di kota Tuban yaitu depo Pasar Sore, depo Dujak Beling, depo Pasar Ikan, depo Ronggomulyo, depo Sidopati dan depo Pramuka.
2. Rute alternatif yang dihasilkan untuk depo Pasar Sore mampu menghemat jarak tempuh sejauh 0,49 km, depo Dujak Beling sejauh 0,7 km, depo Pasar Ikan sejauh 0,7 km, depo Ronggomulyo sejauh 0,68 km, depo Sidopati sejauh 0,42 km, dan depo Pramuka sejauh 0,43 km untuk 1 kali ritasi.
3. Total penghematan biaya bahan bakar yang didapat dengan menggunakan 6 rute baru adalah sebesar Rp.48.039,20 per-Hari atau Rp. 1.441.176,-/bulan dan Rp. 17.294.112,00/Tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim** (2012a), Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008, *tentang Pengelolaan Sampah*.
- Anonim** (2012b), Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 33 Tahun 2010, *tentang Pedoman Pengelolaan Sampah*, 7 Juni 2010.
- Anonim** (2012c), Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2012, *tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*.
- Awansari, S. A. dan Abusini, S.** (2002), "Implementasi Model Capacitated Vehicle Routing Problem pada Pengiriman

- Pupuk Urea Bersubsidi”, *Jurnal Discrete Applied Optimatation Mathematics*, Vol. 5, No. 11, hal. 372-375. Universitas Brawijaya, Malang.
- Badan Standarisasi Nasional.** (1994), *Tata Cara Pemilihan Lokasi (TPA) Tempat Pembuangan Akhir Sampah : Based on SNI 03-3241-1994*, BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional.** (2002), *Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan : Based on SNI 19-2454-2002 the Recommendation of the 2nd Revision SNI 19-2454-1991*, BSN, Jakarta.
- Chaerul, M. dan Zulfikar.** (2008), *Evaluation of Waste Management System in District of Sukasari*, Environmental Engineering Project, Program Studi Teknik Lingkungan FTSL, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Hadi, P. I.** (2007), *Pengembangan Model Optimasi Pengangkutan Sampah di Jakarta Pusat*, Skripsi., Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mirwan, M.** (2011), *Teknologi Pengelolaan Sampah*, Lecture handout : Teknik Lingkungan, FTSP - UPN “Veteran” Jawa Timur, Surabaya.
- Mudjiono.** (2005), *Efektifitas Pengelolaan Sampah di Kota Jember*, Skripsi., Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- Prana, A. R.** (2007), *Aplikasi Kombinatorial pada Vehicle Routing Problem*, Lecture handout : Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Sudjana, M. A.** (2005), *Metoda Statistika*, 6th edition, Tarsito, Bandung.
- Suletra, W. I., Liquiddanu, E., and Pamungkas, S. B.** (2009), “Optimasi Pengalokasian Sampah Wilayah ke Tempat Pembuangan Sementara dengan Model *Integer Linear Programming* (Studi Kasus Kota Surakarta)”, *Jurnal Performa*, Vol. 8, No. 1, hal 14-22. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Sunar,** (2011), “Upaya Pengelolaan Sampah Perkotaan”, *Journal of Economy Society*, Vol. 2, No. 2, hal 163-168. ISSN 2087-8133. Universitas BINUS, Jakarta Barat.
- Tarigan, D.** (2008), *Pemodelan Vehicle Routing Problem Terbuka dengan Keterbatasan Waktu*, Tesis., Universitas Sumatera Utara, Medan.